

## ФАЗОВЫЙ СОСТАВ СИСТЕМЫ TiZrCu (ПЛЕНКА)/Al-Si (ПОДЛОЖКА) (18-20 ВЕС.%) ОБРАБОТАННОГО ИОННО-ЭЛЕКТРОННО-ПЛАЗМЕННЫМ МЕТОДОМ

М.Е. Рыгина<sup>1,2</sup>, Е.А. Петрикова<sup>2</sup>, А.Д. Тересов<sup>2</sup>, В.В. Шугуров<sup>2</sup>

Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н. Ю.Ф. Иванов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

<sup>2</sup>Институт сильноточной электроники СО РАН

Россия, г. Томск, пр. Академический 2\3, 634055

E-mail: L-7755me@mail.ru

Современное машиностроение требует ресурсоэффективных материалов, которые обладают достаточно высокими прочностными характеристиками. Один из наиболее перспективных материалов, подходящих под данное определение является силумин, который обладает малым весом алюминия и высокой твердостью кремния. Заэвтектический силумин содержит более 12 вес.% кремния, чем обуславливает повышенное внимание к себе.

В качестве материала исследования был использован силумин заэвтектического состава (Al-(18-20) вес. % Si), находящийся в литом состоянии. Форма образцов – цилиндр высотой 5 мм, диаметром 30 мм. Данные образцы получены совместно в Физико-техническом институте Национальной академии наук Белоруссии и в Белорусском государственном университете. В данной работе использовался катод ZrTiCu, полученный так же в Белоруссии. Напыление покрытия и обработка электронным пучком производилась в Институте сильноточной электроники СО РАН.

Целью данной работы изучение фазового состава формирующееся при напылении покрытия ZrTiCu толщиной 1 мкм на поверхность заэвтектического силумина (18-20 вес.% Si) с помощью ионно-плазменной обработки на установке «ТРИО» (ИСЭ СО РАН, г. Томск) и последующем плавлении на установке «СОЛО» (ИСЭ СО РАН, г. Томск) [1-3]. А также определение фазового состава и прочностных характеристик.

Данные образцы состоят из эвтектики, т.е. твердого раствора на основе алюминия, первичных зерен кремния средний размер которых достигает 100 мкм, и интерметаллидов. Основным недостатком данного образца-наличие пор, размер которых лежит в микрометровом диапазоне (рисунок 1а). Твердость составила 890 МПа. Рентгенофазовый анализ показал содержание кремния около 17,3%, что в целом соответствует заявленному количеству кремния в исходном образце.

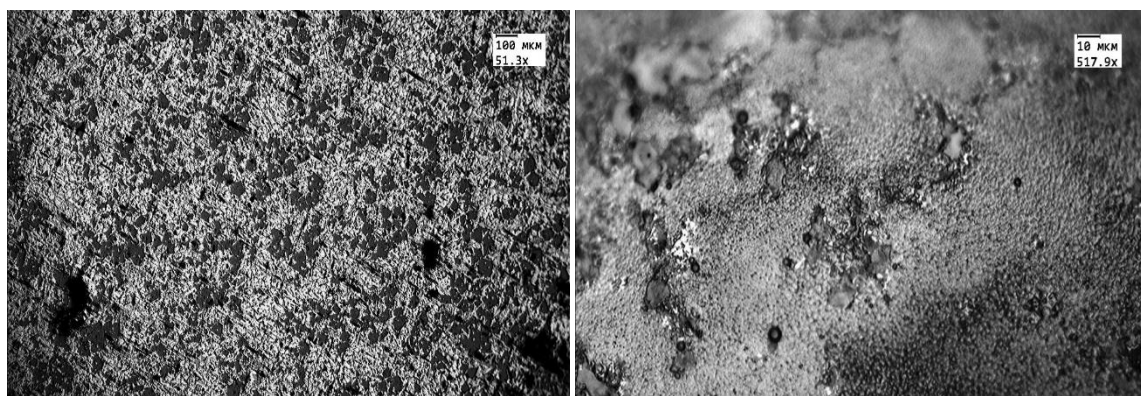


Рис.1. Оптическое изображение: а-типичное оптическое изображение для исходного образца заэвтектического силумина, б-структура системы «пленка-подложка» (TiZrCu/Al-(18-20 вес. % Si)

Формирование системы «пленка»/«подложка» производили вакуумно-дуговым методом, толщина пленки Ti- 6%Zr -6%Cu составила 0,5 мкм. Режим облучения: энергия ускоренных электронов 18 кэВ, плотность энергии пучка электронов 40 Дж/см<sup>2</sup>, частота следования импульсов 0,3 с<sup>-1</sup>, длительность воздействия пучка электронов 200 мкс, число импульсов воздействия 40.

В результате последовательной модификации поверхности происходит жидкофазное легирование. Формируется квазиоднородная структура. Твердость, которой составила 3172,3 МПа, больше чем в 3,5 раза по сравнению с необработанным образцом. Размер кристаллитов лежит в нано- и микродиапазоне 0,5-1 мкм (рисунок 1б).

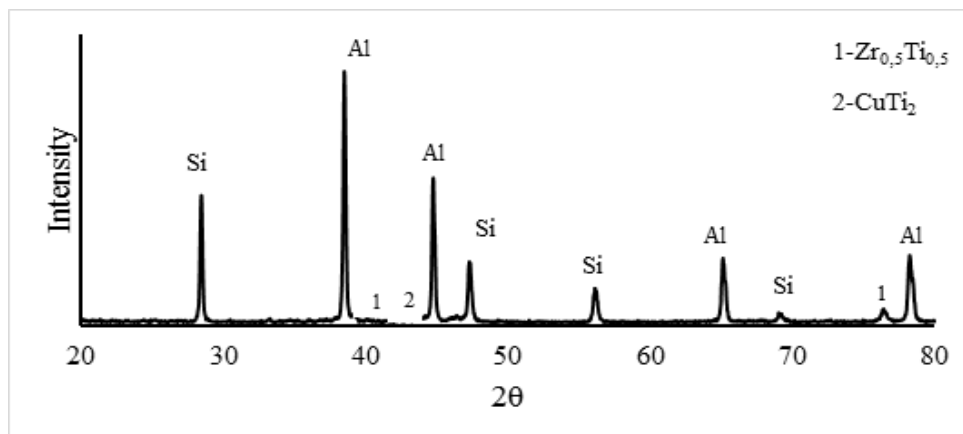


Рис. 2. Данные рентгенофазового анализа «ZrTiCu\Al-(18-20 вес.%)Si» после ионно-электронно-плазменного модифицирования

На данной рентгенограмме показано наличие всех элементов в поверхностном слое (рисунок 2). Так же данные указывают на наличие малого количества интерметаллидов, представленных элементами напыляемого покрытия. Данные рентгенофазового анализа объясняют наличие высокой твёрдости.

Таким образом, получение системы «пленка TiZrCu»/«подложка Al-Si» является возможным. На рентгенограмме обнаружены все напыляемые элементы. Путем высокоскоростного плавления и кристаллизации происходит жидкофазное легирование. Твердость при этом возрастает более чем 3,5 раза. Износостойкость увеличивается в 1,8 раза. Следовательно данная технология может быть использована для увеличения механических характеристики, легирования поверхностного слоя заэвтектического силумина.

Работа выполнена за счет гранта РНФ (проект № 14-29-00091). Авторы выражают благодарность профессору В.В. Углову (БГУ, г. Минск) за предоставленные образцы заэвтектического силумина.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ivanov Yu F, Petrikova E A, Ivanova O V, Ikonnikova I A, Tereso A.D., Shugurov V V, Krysina O V. Structure and properties of a coating (TiCuN) – substrate (A7) system modified with a high-intensity electron beam// Russian Physics Journal. 2015. V.58. Issue 3. P. 373-379.
2. Иванов Ю.Ф., Петрикова Е. А., Иванова О.В., Иконникова И. А., Ткаченко А.В. Численное моделирование температурного поля силумина, облученного интенсивным электронным пучком //Известия высших учебных заведений. Физика. – 2015. – Т. 58. – №4. С. – 46-51.
3. Коваль, Н. Н., Иванов Ю.Ф. Наноструктурирование поверхности металлокерамических и керамических материалов при импульсной электронно-пучковой обработке // Известия вузов. Физика. -2008. - Т. 51. - № 5. - С. 60-70.